

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2003 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

07551836

ORGANIC ELECTROLUMINESCENT ELEMENT

PUB. NO.: 2003-045676 [JP 2003045676 A]

PUBLISHED: February 14, 2003 (20030214)

INVENTOR(s): KIDO JUNJI

MIZUKAMI TOKIO,

APPLICANT(s): KIDO JUNJI

INTERNATIONAL MANUFACTURING & ENGINEERING SERVICES CO

LTD

APPL. NO.: 2001-225847 [JP 20011225847]

FILED: July 26, 2001 (20010726)

INTL CLASS: H05B-033/28; H05B-033/12; H05B-033/14; H05B-033/22;  
H05B-033/26

#### ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an organic electroluminescent element achieving emission at high brightness and having a long service life.

SOLUTION: The organic electroluminescent element has a plurality of light emitting units 3-1 to 3-n between an anode 2 and a cathode 5 which are opposite to each other, with the light emitting units separated from one another by layers 4-1 to 4-n each of which forms one equipotential surface.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-45676

(P2003-45676A)

(43) 公開日 平成15年2月14日 (2003.2.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テリト <sup>*</sup> (参考)
H 0 5 B 33/28		H 0 5 B 33/28	3 K 0 0 7
33/12		33/12	C
33/14		33/14	A
33/22		33/22	B
			D

審査請求 未請求 請求項の数16 OL (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-225847(P2001-225847)

(22) 出願日 平成13年7月26日 (2001.7.26)

(71) 出願人 501231510

城戸 淳二

山形県米沢市林泉寺3-12-16

(71) 出願人 593191350

株式会社アイメス

神奈川県藤沢市桐原町3番地

(72) 発明者 城戸 淳二

奈良県北葛城郡広陵町馬見北9-4-3

(74) 代理人 100083286

弁理士 三浦 邦夫

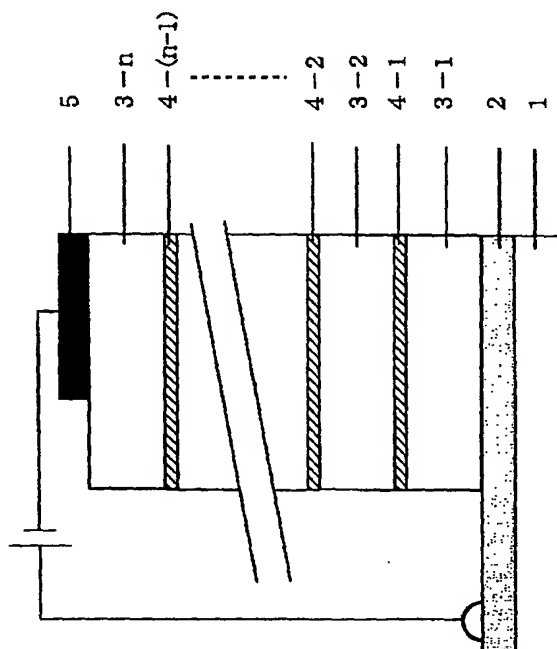
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機エレクトロルミネッセント素子

(57) 【要約】

【課題】 高輝度発光で長寿命の有機エレクトロルミネッセント素子を提供すること。

【解決手段】 対向する陽極電極2と陰極電極5の間に複数個の発光ユニット3-1、3-2、...、3-nを有し、各発光ユニットがそれぞれ1層の等電位面を形成する層4-1、4-2、...、4-nによって仕切られていることを特徴とする有機エレクトロルミネッセント素子。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 対向する陽極電極と陰極電極の間に複数個の発光ユニットを有し、各発光ユニットがそれぞれ1層の等電位面を形成する層によって仕切られていることを特徴とする有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項2】 請求項1記載の素子において、等電位面を形成する層が可視光の透過率50%以上の透明導電材料からなる有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項3】 請求項1記載の素子において、等電位面を形成する層が可視光の透過率50%以上の金属又は合金からなる膜厚10nm以下の層である有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項4】 請求項1記載の素子において、等電位面を形成する層が有機物からなる有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項5】 請求項1記載の素子において、発光ユニットが、等電位面の陽極側に接する層として、有機化合物と電子供与性ドーパントとして機能する金属との混合層からなる電子注入層を有する有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項6】 請求項5記載の素子において、電子供与性ドーパントが、仕事関数が4.2eV以下のアルカリ金属、アルカリ土類金属及び希土類金属のうちから選択された1種以上の金属からなる有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項7】 請求項5又は6記載の素子において、電子注入層中の電子供与性ドーパント金属のモル比率が、有機化合物に対して0.1～1.0である有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項8】 請求項1記載の素子において、発光ユニットが、等電位面の陽極側に接する層として、アルカリ金属、アルカリ土類金属及び希土類金属のうちから選択される金属からなる膜厚が5nm以下の層からなる電子注入層を有する有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項9】 請求項1記載の素子において、発光ユニットが、等電位面の陽極側に接する層として、アルカリ金属イオン、アルカリ土類金属イオン及び希土類金属イオンのうちの少なくとも1種を含有する有機金属錯体化合物に含有される金属イオンを真空中において金属に還元しうる金属で還元して生成した金属と有機化合物とからなる電子注入層を有する有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項10】 請求項1記載の素子において、発光ユニットが、等電位面の陰極側に接する層として、有機化合物と、該有機物をルイス酸化学的に酸化しうる性質を有する電子受容性化合物とを混合してなるホール注入層を有する有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項11】 請求項10記載の素子において、ホール注入層中の有機物をルイス酸化学的に酸化しうる性質を有する電子受容性化合物のモル比率が、有機化合物に

対して0.1～1.0である有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項12】 請求項1記載の素子において、発光ユニットが、等電位面の陰極側に接する層として、電子受容性化合物からなる膜厚30nm以下のホール注入層を有する有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項13】 請求項10～12のいずれか1項に記載の素子において、電子受容性化合物が無機ルイス酸化合物又は有機化合物である有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項14】 請求項1記載の素子において、複数の発光ユニットが互いに異なる発光スペクトルを有する有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項15】 請求項1記載の素子において、各発光ユニットからの発光の重ね合わせによって発光色が白色である有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項16】 請求項1記載の素子において、複数の発光ユニットのうち少なくとも一つの発光ユニットが燐光発光材料を含む発光層を有する有機エレクトロルミネッセント素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、平面光源や表示素子に利用される有機エレクトロルミネッセント素子（以下、有機EL素子と略記することがある。）に関する。

## 【0002】

【従来の技術】対向する陽極電極と陰極電極との間に、有機化合物からなる発光層を有する有機EL素子は、近年、低電圧駆動の大面积表示素子を実現するものとして注目されている。Tangらは、素子の高効率化のため、キャリア輸送性の異なる有機化合物を積層し、ホールと電子がそれぞれ陽極、陰極よりバランスよく注入される構造とし、しかも有機層の層厚を2000Å以下とすることで、10V以下の印加電圧で1000cd/m<sup>2</sup>と外部量子効率1%の実用化に十分な高輝度、高効率を得ることに成功した（Appl. Phys. Lett., 51, 913 (1987)）。しかしながら、従来の有機EL素子は、素子寿命の観点では、表示ディスプレイ用途で必要とされる約100cd/m<sup>2</sup>程度の輝度でようやく1万時間を超える半減寿命が達成されるに至ったにすぎず、照明用途等で必要とされる約1000cd/m<sup>2</sup>乃至約10000cd/m<sup>2</sup>程度の輝度で実用上必要な素子寿命を得ることは、現段階では依然として難しいとされ、実際にそのような高輝度、長寿命の有機EL素子は未だ実現していない。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、前記の事情に鑑みてなされたものであり、その目的は従来の有機EL素子では達成困難であった高輝度発光での長寿命を実現した素子構造を提供するものである。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、前記課題を解決するため鋭意研究の結果、対向する陽極電極と陰極電極の間に、複数の発光ユニットを、それぞれ等電位面を形成する層で仕切って積層した構成とすることによって、この素子においては両電極間に所定電圧が印加されたとき、各発光ユニットが直列的に接続されて、同時に発光することになり、既知の有機EL素子では実現不可能であった高い電流効率（又は量子効率）を実現できることを見出し、本発明を完成した。すなわち、本発明の有機EL素子は、対向する陽極電極と陰極電極の間に複数の発光ユニットを有し、各発光ユニットがそれぞれ1層の等電位面を形成する層によって仕切られていることを特徴とする。

【0005】本明細書において、発光ユニットとは、有機化合物からなる発光層を含む積層構造を有し、従来の有機EL素子の構成要素のうち陽極電極と陰極電極を除いた積層体部分を意味し、陽極と陰極との間に所定電圧を印加したとき発光するものである。また、等電位面を形成する層（以下、単に、等電位面と称することもある）とは、電圧印加時に層内で厚さ方向にも、面方向にも電位差が実質的にない層を意味する。

【0006】

【発明の実施の形態】次に、図面を参照して本発明を詳細に説明する。本発明の有機EL素子は、前記のように、既知の有機EL素子の基本構造である陽極電極／発光ユニット（有機層、2層以上の積層構造が一般的）／陰極電極のうち、両電極に挟まれた発光ユニットが2個以上存在し、各発光ユニットが等電位面として機能する層によって仕切られていることを特徴としている。従来の有機EL素子は、図1に示すように、単一の発光ユニットが電極に挟まれた構造となっており、陰極側から電子（ $e^-$ ）、陽極側からホール（ $h^+$ ）を注入して発光ユニット内で再結合し、励起状態を生成し発光する。これに対して、図2に示す本発明による有機EL素子は、等電位面によって仕切られた複数の発光ユニット内で、電子-ホール再結合が生じ、したがって複数の発光が電極間で発生する。

【0007】本発明の有機EL素子において、等電位面を形成する材料としては、一般に、可視光の透過率が50%以上の透明導電材料を使用するのが好ましい。可視光の透過率が50%未満であると、生成した光が等電位面を通過する際に吸収され、複数の発光ユニットを積層しても高い電流効率を得られなくなる。透明導電材料としては、例えば、ITO（インジウム・スズ酸化物）、IZO（インジウム・亜鉛酸化物）、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}_2$ 、 $\text{TiN}$ 、 $\text{ZrN}$ 、 $\text{HfN}$ 、 $\text{TiOx}$ 、 $\text{VOx}$ 、 $\text{CuI}$ 、 $\text{InN}$ 、 $\text{GaN}$ 、 $\text{CuAlO}_2$ 、 $\text{CuGaO}_2$ 、 $\text{SrCu}_2\text{O}_2$ 、 $\text{LaB}_6$ 、 $\text{RuO}_2$ などの導電性無機化合物が挙げられる。また、透明性を確保出来る程度の極薄の金属薄膜を等電位面として使用することが

できる。さらに、誘電体と金属膜を積層してなる構造のものを使用することもできる。それらの例としては、 $\text{Au/Bi}_2\text{O}_3$ 等の2層膜や、 $\text{SnO}_2/\text{Ag/SnO}_2$ 、 $\text{ZnO/Ag/ZnO}$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Au/Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2/\text{TiN/TiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2/\text{ZrN/TiO}_2$ 等の多層膜が知られている。金属薄膜又は2層以上の多層膜中の金属膜は、膜厚を10nm以下とするのが好ましく、0.5～10nmとするのが好ましい。この膜厚が10nmを超えると、光の透過率が50%以下になり、発光効率が下がってしまう。

【0008】また、等電位面を形成する材料としては、導電性有機物を使用することもできる。それらの例としては、 $\text{C}_{60}$ 等のフラーレン類、オリゴチオフェン等の導電性有機物、金属フタロシアニン類、無金属フタロシアニン類、金属ポルフィリン類、無金属ポルフィリン類等の導電性有機化合物などが挙げられる。

【0009】本発明において、発光ユニットとは、前述のように、従来の有機EL素子を構成する要素のうち、陽極と陰極とを除いた構成要素をさす。従来の有機EL素子の構成としては、例えば、（陽極）／発光層／（陰極）、（陽極）／ホール輸送層／発光層／（陰極）、（陽極）／ホール輸送層／発光層／電子輸送層／（陰極）、（陽極）／ホール注入層／ホール輸送層／発光層／電子輸送層／電子注入層／（陰極）などが挙げられる。本発明による有機EL素子においては、各発光ユニットが等電位面によって仕切られて、複数の（2個以上）存在するものであれば、該発光ユニットは、いかなる積層構造を有していてもよく、発光層、ホール輸送層、ホール注入層、電子輸送層、電子注入層などに用いる物質についても、特に制限はなく、従来これらの層の形成に用いられた任意の物質であってよい。発光層に用いられる発光材料についても、特に制限はなく、公知の任意のものが使用され、例えば、各種の蛍光材料、燐光材料などが挙げられる。

【0010】陰電極材料としては、一般的には仕事関数の小さい金属、またそれらを含む合金、金属酸化物等が用いられることが多い。具体的にはLi等のアルカリ金属、Mg、Ca等のアルカリ土類金属、Eu等の希土類金属等からなる金属単体、もしくは、これらの金属とAl、Ag、In等との合金などが挙げられる。また、本発明者らが提案した、陰電極と有機層との界面に金属ドーピング有機層を用いる構成（特開平10-270171号公報参照）では、陰電極は導電性材料であれば、その仕事関数等の性質は別段、制限とはならない。また、同様に本発明者らが特開平11-233262号公報及び特開2000-182774号公報に開示した技術を使用して、例えば、Al、Zr、Ti、Y、Sc、Siなどの金属、もしくはこれらの金属を含有する合金を陰電極材料として使用することもできる。これらのうち、特に、配線電極として一般に広く使用されているアルミ

ニウムが好ましい。また、陽極電極材料としては、例えば、ITO（インジウム・スズ酸化物）、IZO（インジウム・亜鉛酸化物）などの透明材料を使用する。

【0011】この新しい素子構造を有する本発明の有機EL素子は、次の点で従来の有機EL素子とは大きく異なる特徴を持つ。まず、従来の有機EL素子においては、素子内に注入された電子数と放出された光子数の比率である量子効率の上限は理論上、1（＝100％）であったが、本発明による有機EL素子においては、理論上の限界はない。何故なら図2に示されるホール（h<sup>+</sup>）注入は有機分子の基底状態の分子軌道からの電子の引き抜きを意味しており、等電位面の陰極側に接する層の基底状態の分子軌道から引き抜かれた電子は、陽極側に接する層の励起状態の分子軌道に注入されることで発光性励起状態を作り出すために再利用されるからである。従って、等電位面として定義された層によって仕切られた複数個の発光ユニットの量子効率の総和が本発明の有機EL素子の量子効率となり、その値に上限は無い。つまり、本発明の有機EL素子は、従来の有機EL素子が複数個、金属導線によって直列に接続されている状態と回路的には同一であるが、等電位面が透明な膜構造であるため、依然として従来の有機EL素子と同様の面状発光が可能である。

【0012】勿論、本発明の有機EL素子は、従来の有機EL素子が複数個（n個）、直列に接続された構造を有するため、駆動電圧は各発光ユニットによって消費される電位降下分（V<sub>n</sub>）の総和（ $V = V_1 + V_2 + \dots + V_n$ ）であることは、言うまでもない。従って、従来の有機EL素子の利点であるとされてきた10V以下での低駆動電圧は、発光ユニットの数（n）が増えれば増えるほど実現不可能となるのは、本発明の素子においては当然である。にも拘わらず、本発明の有機EL素子は、従来の有機EL素子と比較していくつかの優位点を有する。まず、有機EL素子の輝度は、電流密度にほぼ比例するため、高輝度を得ようとすれば、必然的に高い電流密度が必要である。一方、素子寿命は（駆動電圧ではなく）電流密度に反比例し、従って高輝度発光は、素子寿命を短くする。しかしながら、本発明の有機EL素子は、例えばn倍の輝度を得たい場合は、電極間に存在する同一の構成の発光ユニットをn個とし、電流密度をほぼ一定に保ったまま実現できる。この時、前述の通り駆動電圧もn倍、もしくはそれ以上になるのは当然であるが、n倍の高輝度が寿命を犠牲にせずに実現できることの利点は、計り知れない。

【0013】その他に、例えば、単純マトリクス構造の表示ディスプレイを応用例とした場合は、電流密度の減少は、配線抵抗による電圧降下や基板の温度上昇を従来の場合に比べて大きく低減出来る点で、本発明の素子構造は有利である。また、発光素子部分の電圧が従来の素子に比べて高いことは、配線抵抗による電圧降下分が輝

度減少にさほど影響を与えないことを意味し、ただでさえ配線部分の電圧降下が小さい本発明の素子構造の特徴と相俟って、従来の素子では不可能であった定電圧制御による単純マトリクス構造の表示デバイスの実現が可能であることも意味する。

【0014】

【実施例】図3は、本発明による有機EL素子の積層構造を示す略断面図である。ガラス基板（透明基板）1上には、順に、陽極電極を構成する透明電極2、発光ユニット3-1、等電位面4-1、発光ユニット3-2、等電位面4-2、……、等電位面4-（n-1）、発光ユニット3-nと繰り返され、最後に陰極電極5が積層されている。これらの要素（層）のうち、ガラス基板（透明基板）1、透明電極2、発光ユニット（3-n、但しn=1、2、3……）、陰極電極5は周知の要素であり、等電位面（4-n、但しn=1、2、3……）によって仕切られた、発光ユニット（3-n、但しn=1、2、3……）が複数個、両電極間に存在する点が本発明の有機EL素子の新しい点である。

【0015】また、有機EL素子は、電極材料の持つ性質の一つである仕事関数が素子の特性（駆動電圧等）を左右するといわれている。本発明の有機EL素子における等電位面（4-n）は、陽極電極方向に電子、陰極電極方向にホールを注入しているため、上記の発光ユニットの構成要素のうち特に電子注入（輸送）層とホール注入（輸送）層の形成法は、各発光ユニットへの電荷（電子及びホール）注入に際しての、エネルギー障壁を低減するためには重要な要素となる。

【0016】例えば、各等電位面（4-n）から陽極電極側に電子注入をする際には、特開平10-270171号公報に開示されているように、発光ユニットを、等電位面の陽極側に接する層として、有機化合物と電子供与性（ドナー）ドーパントとして機能する金属との混合層からなる電子注入層を有する構成とするのが好ましい。ここで、ドナードーパントは、仕事関数が4.2eV以下のアルカリ金属、アルカリ土類金属及び希土類金属のうちから選択された1種以上の金属からなるのが好ましい。これらの金属の詳細については、特開平10-270171号公報に記載されている。また、上記の電子注入層中のドナードーパント金属のモル比率は、有機化合物に対して0.1～10であるのが好ましい。このモル比率が0.1未満では、ドーパントにより還元された分子（以下、還元分子）の濃度が低過ぎ、ドーピング効果が小さく、10倍を超えると、膜中のドーパント濃度が有機分子濃度をはるかに超え、還元分子の膜中濃度が極端に低下するので、ドーピングの効果も下がってしまう。上記のような電子注入層を有する構成の発光ユニットとすることにより、等電位面を形成する材料の仕事関数に拘わらず、エネルギー障壁のない、電子注入が実現される。

【0017】また、発光ユニットは、等電位面の陽極側に接する層として、アルカリ金属、アルカリ土類金属及び希土類金属のうちから選択される金属からなる膜厚が5nm以下、好ましくは0.2～5nmの層からなる電子注入層を有する構成であってもよい。この膜厚が5nmを超えると、光の透過率が減少してしまうと同時に、反応性が高く、空気中で不安定な該金属が過剰に存在することで、素子を不安定にすることも知られているので好ましくない。さらに、特開平11-233262号公報及び特開2000-182774号公報に記載の「有機金属錯体（該錯体化合物中の金属イオンは、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属等の低仕事関数金属から選択される）と該有機金属錯体中の金属イオンを真空中で金属に還元する金属との組み合わせ」からなる電子注入層を採用し、使用する還元金属（Al、Zr、Si、Ti等）の膜厚を透明性を確保出来る程度に極薄にして、電子注入層としてもよい。

【0018】また例えば、各等電位面（4-n）から陰電極側にホール注入する際には、本発明者らが特開平11-251067号公報において提案した有機物をルイス酸化学的に酸化しうる性質を有する電子受容性化合物（ルイス酸化合物）がドーパされたホール注入層を等電位の陰極側に接触する層として形成しておく、等電位面（4-n）を形成する材料の仕事関数に拘わらず、エネルギー障壁のない、ホール注入を実現することができる。さらに、透明性を確保出来る極薄の電子受容性化合物（ルイス酸化合物）層を形成して、ホール注入層としてもよい。この場合、膜厚は30nm以下とするのが好ましく、0.5～30nmの範囲とするのが好ましい。膜厚が30nmを超えると、光の透過率が減少してしまうと同時に、反応性が高く、空気中で不安定な該ルイス酸化合物が過剰に存在することで、素子を不安定にすることも知られているので、好ましくない。

【0019】電子受容性化合物（ルイス酸化合物）としては、特に制限はないが、例えば、塩化第2鉄、臭化第2鉄、ヨウ化第2鉄、塩化アルミニウム、臭化アルミニウム、ヨウ化アルミニウム、塩化ガリウム、臭化ガリウム、ヨウ化ガリウム、塩化インジウム、臭化インジウム、ヨウ化インジウム、5塩化アンチモン、5フッ化砒素、3フッ化砒素等の無機化合物や、DDQ（ジシアノージクロキノン）、TNF（トリニトロフルオレノン）、TCNQ（テトラシアノキノジメタン）、4F

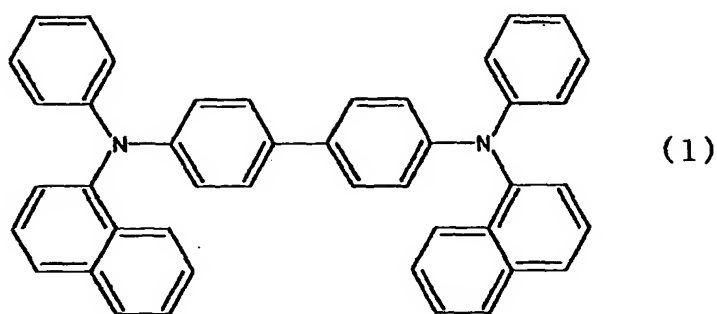
-TCNQ（テトラフルオロ-テトラシアノキノジメタン等の有機化合物を使用することができる。ホール注入層中の有機化合物と電子受容性化合物（ドーパント化合物）のモル比率は、有機化合物に対して0.1～10の範囲であるのが好ましい。ドーパントの比率が0.1未満であるとドーパントにより酸化された分子（以下、酸化分子と称することがある）の濃度が低過ぎ、ドーピングの効果が小さく、10倍を超えると、膜中のドーパント濃度が有機分子濃度をはるかに超え、酸化分子の膜中濃度が極端に低下するので、ドーピングの効果も下がる。

【0020】本発明に用いる発光ユニットにおいて、陰極や陽極に直接接している層に関しては、それぞれ等電位の陽極側に接する層、等電位の陰極側に接する層と同一構成にしてもよいし、組成の異なる電子注入層やホール注入層を使用することもできる。もちろん、従来の有機EL素子に使用されてきた電子注入層やホール注入層をそのまま好適に使用することができる。

【0021】

【実施例】以下に実施例を挙げて本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれにより限定されるものではない。なお、有機化合物、金属及び透明導電膜の成膜には、日本ビーテック製真空蒸着機及びFTSコーポレーション製NFTSスパッタリング装置を使用した。膜厚の測定には、テンコール社製P10触針式段差計を用いた。素子の特性評価には、ケースレー（Keithley）社ソースメータ2400、トプコンBM-8輝度計を使用した。素子のITOを陽極、Alを陰極として直流電圧を0.2V/2秒の割合でステップ状に印加し、電圧上昇1秒後の輝度及び電流値を測定した。また、ELスペクトルは、浜松ホトニクスPMA-11オプティカルマルチチャンネルアナライザーを使用して定電流駆動し測定した。

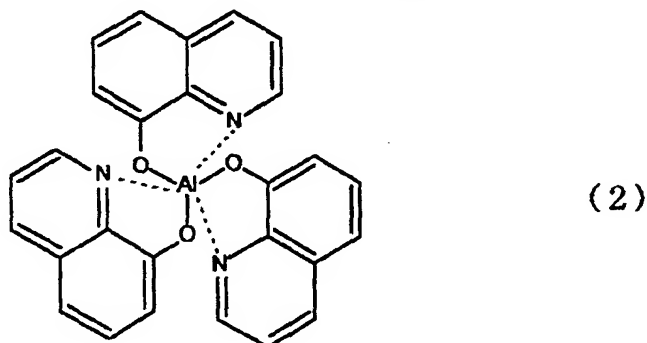
【0022】基準例（従来の有機EL素子の作製例）  
図4に示した積層構造を有する従来の有機EL素子を下記のようにして作製した。ガラス基板1上には、陽極透明電極2として、シート抵抗 $20\Omega/\square$ のITO（インジウム・スズ酸化物、三容真空社製スパッタ蒸着品）が所定パターンにコートされている〔図9の（a）参照〕。その上に有機物成膜用金属マスク〔図9の（b）〕を介して正孔輸送性を有する下記式（1）：  
【化1】



で表される $\alpha$ NPDを $10^{-6}$  torr下で、 $2\text{\AA}/\text{秒}$ の蒸着速度で $600\text{\AA}$ の厚さに成膜し、ホール輸送層6を形成した。

【0023】次に、前記ホール輸送層の上に、発光層7として下記式(2)：

【化2】

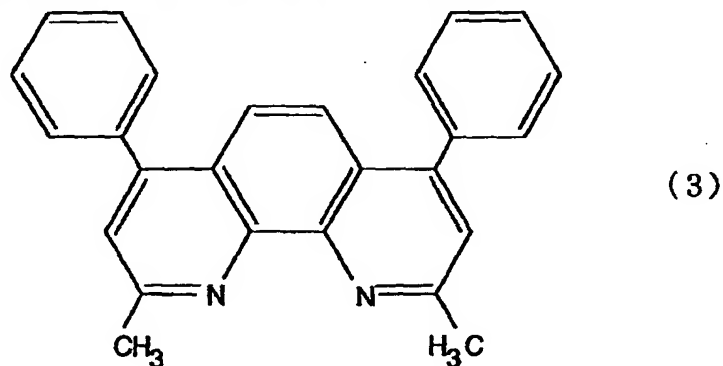


で表されるトリス(8-キノリノラト)アルミニウム錯体(以下、Alqと略記することがある)と、緑色発光蛍光色素であるクマリン誘導体〔商品名：NKX-1595) (日本感光色素社製)〕を、この蛍光色素が1重量%の濃度となるように各々の蒸着速度を調整して400

$\text{\AA}$ の厚さに成膜した。

【0024】次に、前記発光層7の上に特開平10-270171号公報に記載の金属ドーピング電子注入層8として、下記式(3)：

【化3】



で示されるバクプロインと金属セシウム(Cs)をモル比で1:1となるように各々の蒸着速度を調整して300 $\text{\AA}$ の厚さに成膜した。

【0025】次に、陰極電極5として陰極成膜用金属マスク〔図9の(d)参照)を介してAlを蒸着速度10 $\text{\AA}/\text{秒}$ で1000 $\text{\AA}$ の厚さ蒸着した。この工程によって発光領域は縦0.2cm、横0.2cmの正形状となる。この有機EL素子において、陽極電極であるITOと陰極電極であるAlとの間に、直流電圧を印加し、発光層(Alq: NKX-1595の共蒸着層)からの緑色発光の諸特性を測定した。図5、図6、図7及び図8中

の○プロットは、この素子(基準例)の輝度( $\text{cd}/\text{m}^2$ )ー電圧(V)特性、輝度( $\text{cd}/\text{m}^2$ )ー電流密度( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )特性、輝度( $\text{cd}/\text{m}^2$ )ー電流効率( $\text{cd}/\text{A}$ )、電流密度( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )ー電流効率( $\text{cd}/\text{A}$ )を示すものである。また、代表的輝度値での諸特性を表1にまとめた。

【0026】

【表1】

電圧 (voltag es)	電流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	電流効率 (cd/A)
2.4	0.02	2.2	11.2
3.6	0.84	124.6	14.9
5.2	6.06	1011.5	16.7
6.0	14.11	2420.5	17.2
6.6	34.60	5860.7	16.9

## 【0027】実施例1

基準例と同じく、図9の(a)に示した所定パターンにコートされているITO上に有機物成膜用金属マスク〔図9の(b)〕を介して、発光ユニット3-1を成膜した。すなわち、 $\alpha$ NPDを600Å、Alq: NKX-1595=100:1の層を400Å、バソクプロインと金属セシウム(Cs)の混合層を300Åの厚さに順次成膜した。次に、前記金属ドーピング層の上に等電位面4-1として、ITOを本発明者らが特願2001-142672号で提案したスパッタリングの手法を用いて、成膜速度4Å/秒で100Åの厚さに成膜した。この層(等電位面)は発光エリアと一致する様、縦0.2cm、横0.2cmの正形状のみに成膜するため、金属マスク〔図9の(c)〕を用いて成膜した。次に、有機物成膜用金属マスク(図9の(b))にもどして前述の工程をもう一度繰り返して発光ユニット3-2を成膜した。すなわち、 $\alpha$ NPDを600Å、Alq: NKX-1595=100:1の層を400Å、バソクプロインと金属セシウム(Cs)の混合層を300Åの厚さに、順次成膜した。最後に、陰極電極5として陰極成膜用金属マスク〔図9の(d)〕を介して、Alを蒸着速度10Å/秒で1000Åの厚さに蒸着し、図9の(e)に示したパターンを有する有機EL素子を得た。該工程によって発光領域は縦0.2cm、横0.2cmの正形状とした。この実施例1で得られた有機EL素子の鳥瞰図を図11に、積層構造を図12に示す。この有機EL素子において、陽極電極であるITOと陰極電極であるAlとの間に、直流電圧を印加し、発光層(Alq: NKX-1595の共蒸着層)からの緑色発光の諸特性を測定した。図5、図6、図7、図8中の□プロットは、この素子(実施例1)の輝度(cd/m<sup>2</sup>)ー電圧(V)特性、輝度(cd/m<sup>2</sup>)ー電流密度(mA/m<sup>2</sup>)特性、輝度(cd/m<sup>2</sup>)ー電流効率(cd/A)、電流密度(mA/cm<sup>2</sup>)ー電流効率(cd/A)を示すものである。また、この実施例1で作製した素子の代表的輝度値での諸特性を表2にまとめた。

## 【0028】

## 【表2】

電圧 (voltag es)	電流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	電流効率 (cd/A)
4.6	0.01	2.3	16.9
9.2	0.46	123.5	27.0
13.2	3.30	1076.3	32.6
14.6	7.69	2533.8	33.0
15.6	16.81	5798.9	34.5

【0029】この様に発光ユニットが等電位面によって仕切られて2個存在するこの有機EL素子は、基準例の有機EL素子と比べて、ほぼ同輝度での電流効率(ひいては量子効率)を比較すると、ほぼ2倍の値を示した。また、発光スペクトルを観察すると、NKX-1595の蛍光スペクトルとほぼ一致したが、スペクトルの半値幅が基準例と比較して若干細くなった(図10参照)のは、2つの発光ユニットの内、最初に成膜した発光ユニット3-1からの発光が陰極で反射され、その陰極での反射光と、直接基板方向に放射された発光との位相がほぼ一致したための、干渉効果によると考えられる。

## 【0030】

【発明の効果】本発明の有機EL素子は、電極間に複数の発光ユニットを等電位面で仕切って配置することで、電流密度を一定に保ったまま、従来の有機EL素子では実現し得なかった高輝度領域での長寿命素子が実現可能であり、照明を応用例とした場合は、電極材料の抵抗による電圧降下を小さくできるので、大面積での均一発光が可能となり、さらに、単純マトリクス構造の表示ディスプレイを応用例とした場合は、やはり、配線抵抗による電圧降下や基板の温度上昇を大きく低減出来るので、従来の素子では不可能と思われていた大面積単純マトリクス表示ディスプレイも実現可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】従来の有機EL素子の動作機構を示す説明図である。

【図2】本発明の有機EL素子の動作機構を示す説明図である。

【図3】本発明の有機EL素子の積層構造を示す略示断面図である。

【図4】従来の有機EL素子の積層構造を示す略示断面図である。

【図5】基準例と本発明の実施例1で作製した有機EL素子の駆動電圧ー輝度特性を示すグラフである。

【図6】基準例と本発明の実施例1で作製した有機EL素子の駆動電圧ー電流密度特性を示すグラフである。

【図7】基準例と本発明の実施例1で作製した有機EL素子の輝度ー電流効率特性を示すグラフである。

【図8】基準例と本発明の実施例1で作製した有機EL素子の電流密度ー電流効率特性を示すグラフである。

【図9】本発明の有機EL素子の製造工程図である。



【図10】基準例と本発明の実施例1で作製した有機EL素子の発光スペクトル図である。

【図11】本発明の有機EL素子の断面構造を表す鳥瞰図である。

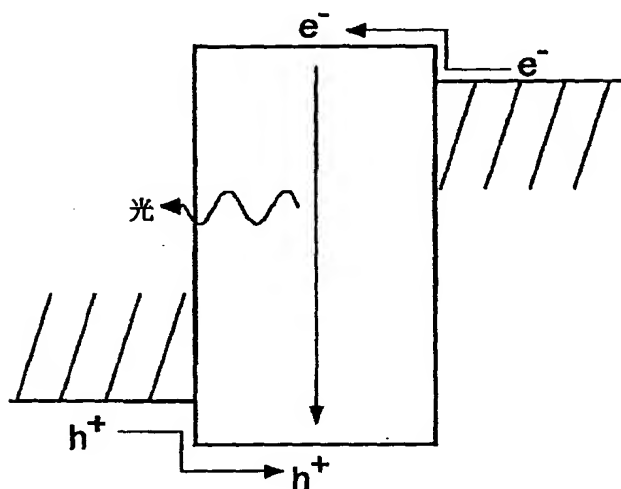
【図12】実施例1で作製した有機EL素子の積層構造を示す略断断面図である。

【符号の説明】

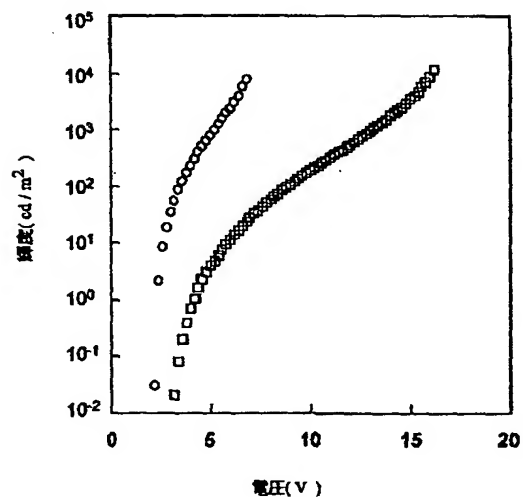
- 1 透明基板
- 2 透明陽極電極
- 3-1 発光ユニット

- 3-2 発光ユニット
- 3-n 発光ユニット
- 4-1 等電位面
- 4-2 等電位面
- 4-n 等電位面
- 5 陰極電極
- 6 ホール輸送層
- 7 発光層
- 8 電子注入層

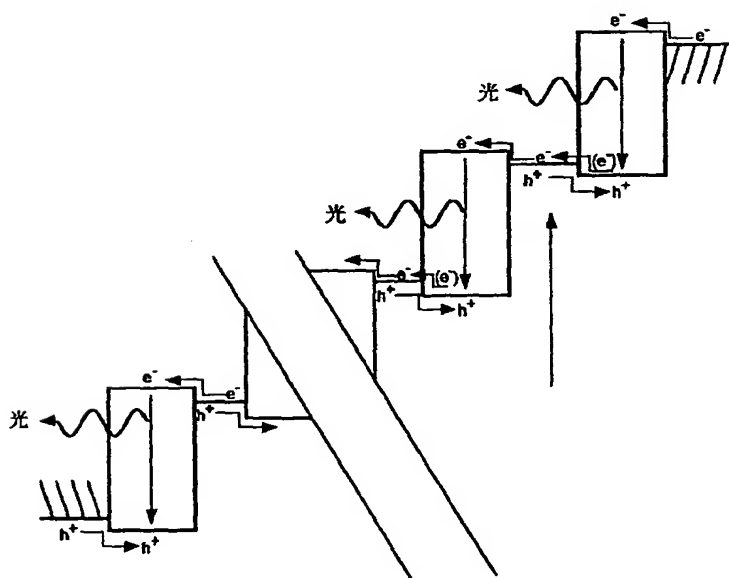
【図1】



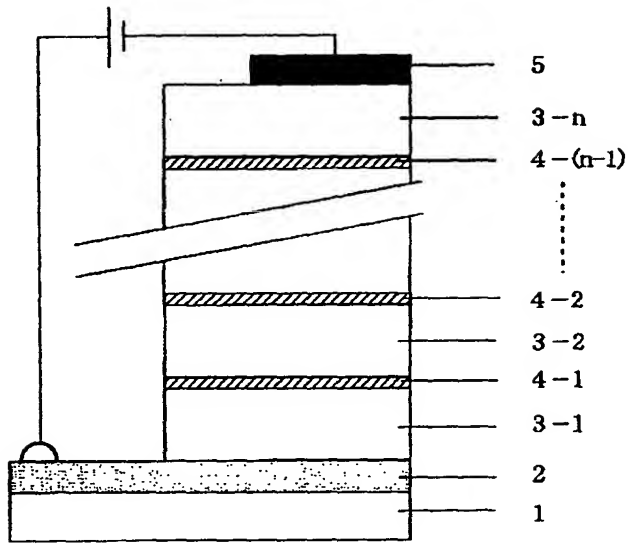
【図5】



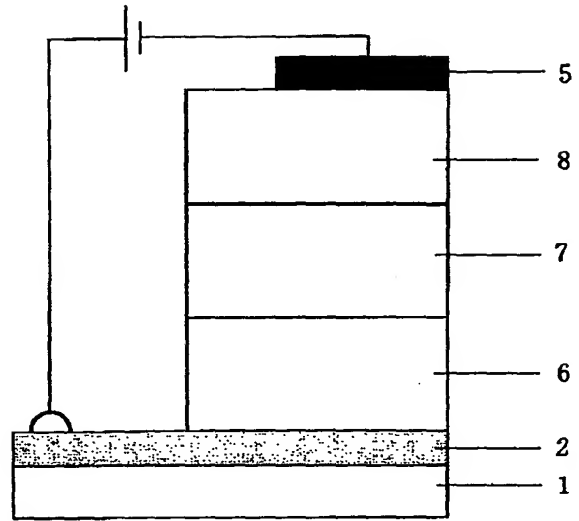
【図2】



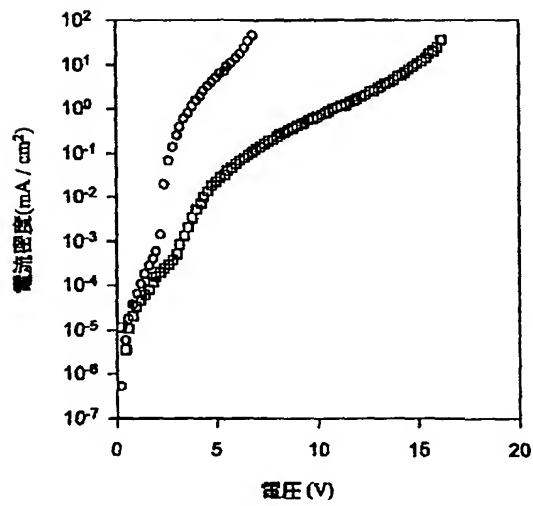
【図3】



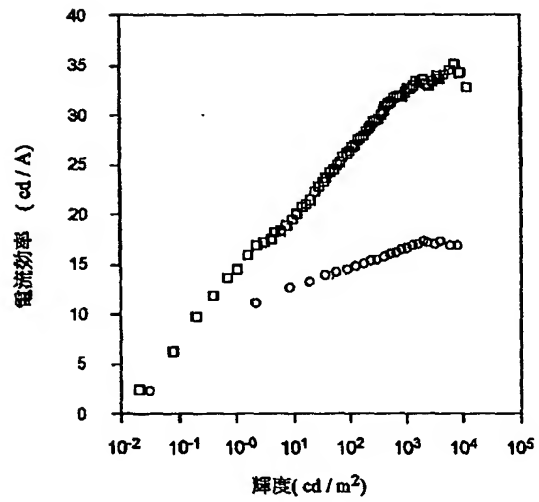
【図4】



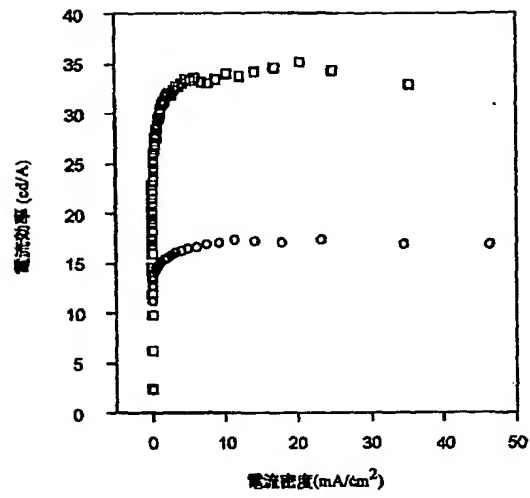
【図6】



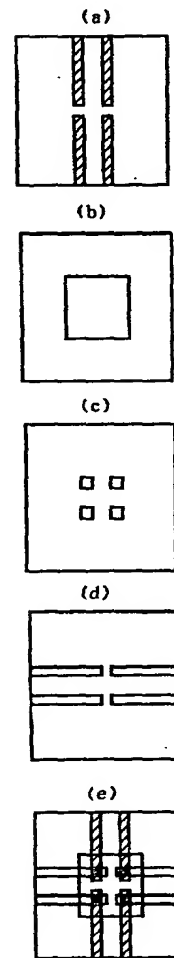
【図7】



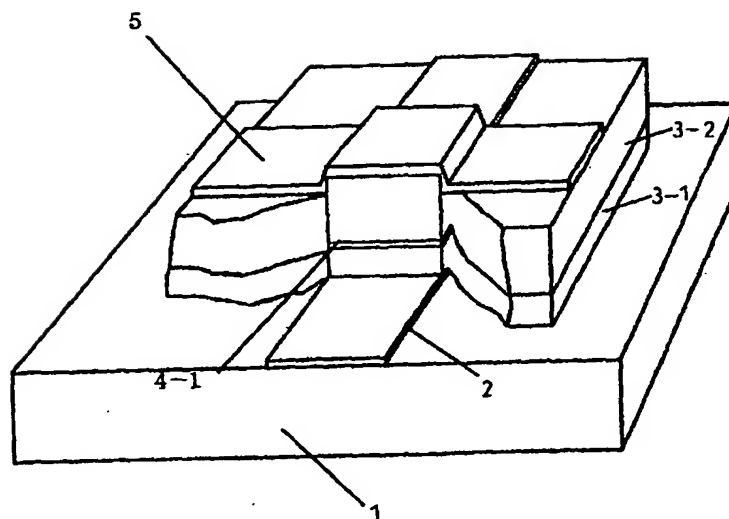
【図8】



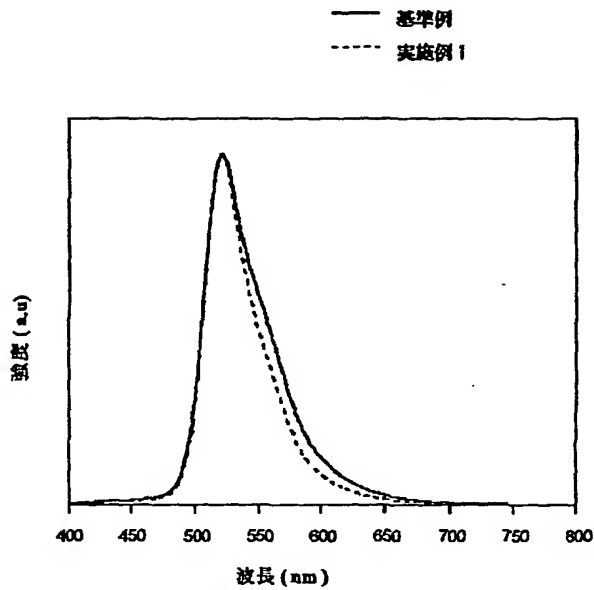
【図9】



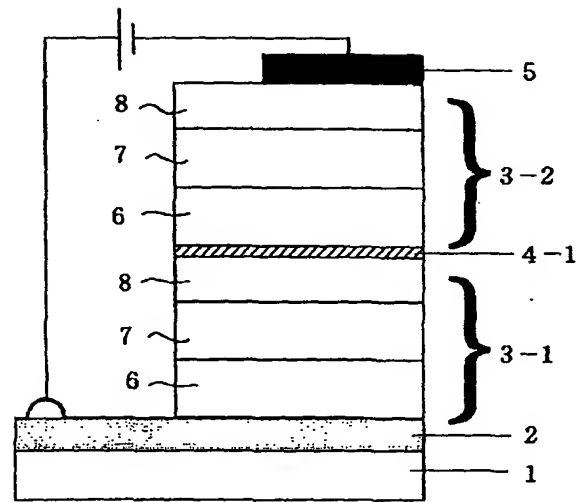
【図11】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H05B 33/26

識別記号

F I  
H05B 33/26

キーワード(参考)  
A

(72)発明者 水上 時雄  
神奈川県藤沢市桐原町3番地 株式会社ア  
イメス内

Fターム(参考) 3K007 AB02 AB03 AB11 BA05 CA01  
CB01 CB03 CC00 DA01 DB03  
EB00